

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-002882

(43)Date of publication of application : 06.01.2005

(51)Int.Cl. F02C 7/00  
 C23C 26/00  
 F01D 5/28  
 F04D 29/38  
 // C22C 1/05

(21)Application number : 2003-167078

(71)Applicant : ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND  
 CO LTD  
 MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 11.06.2003

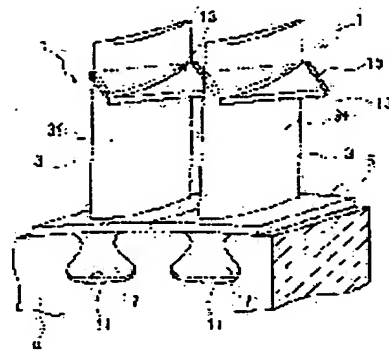
(72)Inventor : OCHIAI HIROYUKI  
 WATANABE MITSUTOSHI  
 GOTO AKIHIRO  
 AKIYOSHI MASAO

(54) MOVING BLADE, COATING METHOD FOR SNUBBER, REPAIR METHOD FOR SNUBBER,  
 AND METHOD FOR MANUFACTURING RESTORATION MOVING BLADE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily improve work efficiency by reducing the number of processes required in the manufacture (coating of wear-resistant coat 15) of a moving blade 1.

SOLUTION: A snubber 13 is integrally formed to cross a blade face of a blade 3. Pulses are generated between a friction moving side of the snubber 13 and a green compact electrode 17 constituted by mixing a powder-like highly hard material having high hardness and a powder-like electrical conductive material having current carrying property and compressing and molding them in machining liquid L having electrical insulation property using the green compact electrode 17. The materials of the green compact electrode 17 are diffused and/or welded and/or deposited on the friction moving side of the snubber 13 by discharge energy to apply coating of wear-resistant coat 15.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.12.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-2882

(P2005-2882A)

(43) 公開日 平成17年1月6日(2005. 1. 6)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

F 0 2 C 7/00  
C 2 3 C 26/00  
F 0 1 D 5/28  
F 0 4 D 29/38  
// C 2 2 C 1/05

F 0 2 C 7/00  
F 0 2 C 7/00  
C 2 3 C 26/00  
F 0 1 D 5/28  
F 0 4 D 29/38

D 3 G 0 0 2  
C 3 H 0 3 3  
D 4 K 0 1 8  
F 4 K 0 4 4

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-167078 (P2003-167078)  
(22) 出願日 平成15年6月11日 (2003. 6. 11)

(71) 出願人 000000099  
石川島播磨重工業株式会社  
東京都千代田区大手町2丁目2番1号  
(71) 出願人 000006013  
三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
(74) 代理人 100083806  
弁理士 三好 秀和  
(74) 代理人 100100712  
弁理士 岩▲崎▼ 幸邦  
(74) 代理人 100087365  
弁理士 栗原 彰  
(74) 代理人 100100929  
弁理士 川又 澄雄

最終頁に続く

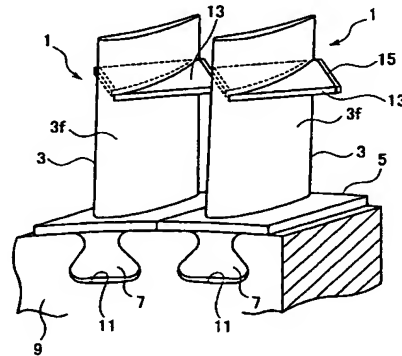
(54) 【発明の名称】 動翼、スナバーのコーティング方法、スナバーの修理方法、及び復元動翼の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 動翼1の製造（耐磨耗コート15のコーティング）に要する工程数を削減して、作業能率の向上を容易に図る。

【解決手段】 翼3の翼面に交差するようにスナバー13が一体的に形成され、高硬度を有する粉末状の高硬度材料と通電性を有する粉末状の通電材料を混合して圧縮成形してなる圧粉体電極17を用いて、電気絶縁性のある加工液L中においてスナバー13の擦動側と圧粉体電極17との間にパルス状の発生させ、その放電エネルギーによりスナバー13の擦動側に圧粉体電極17の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることによって、耐磨耗コート15がコーティングされた。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ガスタービンエンジンのファンまたは圧縮機に用いられる動翼において、  
翼と、

前記翼の基端側に一体的に形成され、流路面を有したプラットホームと、

前記翼の翼面に交差するように一体的に形成され、擦動側に耐磨耗性を有した耐磨耗コートがコーティングされ、前記翼の振動を抑制するスナバーとを具備してあって、

前記耐磨耗コートは、消耗性を有した耐磨耗コーティング用電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記スナバーの擦動側と前記耐磨耗コーティング用電極との間にパルス状の放電を発生させ、その放電エネルギーにより前記スナバーの擦動側に前記耐磨耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることによってコーティングされたことを特徴とする動翼。

10

## 【請求項 2】

前記耐磨耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスを圧縮成形してなる圧粉体電極であって、

前記セラミックスは、 $cBN$ 、 $TiC$ 、 $WC$ 、 $SiC$ 、 $Cr_3C_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $ZrO_2-Y$ のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする請求項 1 に記載の動翼。

## 【請求項 3】

前記耐磨耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、潤滑性を有する粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなる圧粉体電極であることを特徴とする請求項 1 に記載の動翼。

20

## 【請求項 4】

前記固体潤滑材は、 $hexBN$ 、 $MoS_2$ 、 $WS_2$ 、 $BaZrO_4$  のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする請求項 3 に記載の動翼。

## 【請求項 5】

ガスタービンエンジンのファンまたは圧縮機に用いられる動翼におけるスナバーの擦動面に耐磨耗性を有する耐磨耗コートをコーティングするためのスナバーのコーティング方法において、

消耗性を有した耐磨耗コーティング用電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記スナバーの擦動側と前記耐磨耗コーティング用電極との間にパルス状の放電を発生させることにより、その放電エネルギーによって前記スナバーの擦動側に前記耐磨耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、前記耐磨耗コートをコーティングすることを特徴とするコーティング方法。

30

## 【請求項 6】

前記耐磨耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスを圧縮成形してなる圧粉体電極であって、

前記セラミックスは、 $cBN$ 、 $TiC$ 、 $WC$ 、 $SiC$ 、 $Cr_3C_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $ZrO_2-Y$ のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする請求項 5 に記載のコーティング方法。

40

## 【請求項 7】

前記耐磨耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、潤滑性を有する粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなる圧粉体電極であることを特徴とする請求項 5 に記載のコーティング方法。

## 【請求項 8】

前記固体潤滑材は、 $hexBN$ 、 $MoS_2$ 、 $WS_2$ 、 $BaZrO_4$  のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする請求項 7 に記載のコーティング方法。

## 【請求項 9】

50

ガスタービンエンジンのファンまたは圧縮機に用いられる動翼におけるスナバーの擦動面の修理を行うためのスナバーの修理方法において、  
前記スナバーの擦動面に生じた欠陥を除去する欠陥除去工程と、  
前記欠陥除去工程が終了した後に、前記スナバーにおける前記欠陥を除去した欠陥除去部に肉盛層を形成する肉盛層形成工程と、  
前記肉盛層形成工程が終了した後に、前記肉盛層の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行う寸法仕上げ工程と、  
前記寸法仕上げ工程が終了した後に、消耗性を有した耐摩耗コーティング用電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記スナバーの擦動側と前記耐摩耗コーティング用電極との間にパルス状の放電を発生させることにより、その放電エネルギーによって前記肉盛層に前記耐摩耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、耐摩耗性を有した耐摩耗修理コートをコーティングする耐摩耗コーティング工程と、  
を具備してなることを特徴とするスナバーの修理方法。

【請求項 10】

前記耐摩耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスを圧縮成形してなる圧粉体電極であって、  
前記セラミックスは、 $cBN$ 、 $TiC$ 、 $WC$ 、 $SiC$ 、 $Cr_3C_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $ZrO_2-Y$ のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする請求項 9 に記載のスナバーの修理方法。

【請求項 11】

前記耐摩耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、潤滑性を有する粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなる圧粉体電極であることを特徴とする請求項 9 に記載のスナバーの修理方法。

【請求項 12】

前記固体潤滑材は、 $hexBN$ 、 $MoS_2$ 、 $WS_2$ 、 $BaZrO_4$ のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする請求項 11 に記載のスナバーの修理方法。

【請求項 13】

前記肉盛層形成工程は、通電性を有する粉末状の肉盛材料を圧縮成形してなる肉盛圧粉体電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記スナバーにおける前記欠陥除去部と前記肉盛圧粉体電極との間にパルス状の放電を発生させることにより、その放電エネルギーによって前記スナバーにおける前記欠陥除去部に前記肉盛圧粉体電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、前記スナバーにおける前記欠陥除去部に前記肉盛層を形成することを特徴とする請求項 9 から請求項 12 のうちのいずれかの請求項に記載のスナバーの修理方法。

【請求項 14】

前記寸法仕上げ工程は、耐消耗性を有した耐消耗電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記肉盛層と前記耐消耗電極との間にパルス状の放電を発生させることにより、その放電エネルギーによって前記肉盛層の表側を熔融除去して、前記肉盛層の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことを特徴とする請求項 9 から請求項 13 のうちのいずれかの請求項に記載のスナバーの修理方法。

【請求項 15】

ガスタービンエンジンのファンまたは圧縮機に用いられる原動翼から復元動翼を製造するための復元動翼の製造方法において、  
前記原動翼におけるスナバーの擦動面に生じた欠陥を除去する欠陥除去工程と、  
前記欠陥除去工程が終了した後に、前記スナバーにおける前記欠陥を除去した欠陥除去部に肉盛層を形成する肉盛層形成工程と、  
前記肉盛層形成工程が終了した後に、前記肉盛層の厚さが所定の厚さになるように寸法仕

10

20

30

40

50

上げを行う寸法仕上げ工程と、

前記寸法仕上げ工程が終了した後に、消耗性を有した耐摩耗コーティング用電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記スナバーの擦動側と前記耐摩耗コーティング用電極との間にパルス状の放電を発生させることにより、その放電エネルギーによって前記肉盛層に前記耐摩耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、耐摩耗性を有した耐摩耗復元コートにコーティングする耐摩耗コーティング工程と、

を具備してなることを特徴とする復元動翼の製造方法。

#### 【請求項 16】

前記耐摩耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスを圧縮成形してなる圧粉体電極であって、

前記セラミックスは、 $cBN$ 、 $TiC$ 、 $WC$ 、 $SiC$ 、 $Cr_3C_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $ZrO_2-Y$ のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする請求項 15 に記載の復元動翼の製造方法。

#### 【請求項 17】

前記耐摩耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、潤滑性を有する粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなる圧粉体電極であることを特徴とする請求項 15 に記載の復元動翼の製造方法。

#### 【請求項 18】

前記固体潤滑材は、 $hexBN$ 、 $MoS_2$ 、 $WS_2$ 、 $BaZrO_4$  のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする請求項 17 に記載の復元動翼の製造方法。

#### 【請求項 19】

前記肉盛層形成工程は、通電性を有する粉末状の肉盛材料を圧縮成形してなる肉盛圧粉体電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記スナバーにおける前記欠陥除去部と前記肉盛圧粉体電極との間にパルス状の放電を発生させることにより、その放電エネルギーによって前記スナバーにおける前記欠陥除去部に前記肉盛圧粉体電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、前記スナバーにおける前記欠陥除去部に前記肉盛層を形成することを特徴とする請求項 15 から請求項 18 のうちのいずれかの請求項に記載の復元動翼の製造方法。

#### 【請求項 20】

前記寸法仕上げ工程は、耐消耗性を有した耐消耗電極を用いて、前記肉盛層と前記耐消耗電極との間にパルス状の放電を発生させることにより、電気絶縁性のある液中または気中においてその放電エネルギーによって前記肉盛層の表側を熔融除去して、前記肉盛層の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことを特徴とする請求項 15 から請求項 19 のうちのいずれかの請求項に記載の復元動翼の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、航空エンジン等のガスタービンエンジンのファンまたは圧縮機に用いられる動翼、前記動翼におけるスナバーの擦動側に耐摩耗性を有する耐摩耗コートにコーティングするためのスナバーのコーティング方法、前記動翼におけるスナバーの擦動面の修理を行うためのスナバーの修理方法、及びガスタービンエンジンのファンまたは圧縮機に用いられる原動翼から復元動翼を製造するための復元動翼の製造方法に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

航空エンジン（ガスタービンエンジンの一例）のファンまたは圧縮機に用いられる従来の動翼について簡単に説明すると、次のようになる。

##### 【0003】

10

20

30

40

50

即ち、前記動翼は翼を動翼本体としており、この翼の基端側（ハブ側）には、プラットホームが一体的に形成されてあって、このプラットホームは流路面を有している。また、前記プラットホームには、ダブテールが一体的に形成されており、このダブテールは前記ファンまたは前記圧縮機におけるロータディスクのダブテール溝に嵌合可能である。更に、前記翼の翼面には、前記翼の振動を抑制するスナバーが一体的に形成されており、このスナバーの擦動側には、耐磨耗性を有した耐磨耗コートがコーティングされている。特に、前記耐磨耗コートは、粉末状のWCを溶射材料として用い、前記スナバーの擦動側に溶射によってコーティングされるものである。

#### 【0004】

なお、本発明に関連する先行技術として特許文献1に示すものがある。

10

#### 【0005】

#### 【特許文献1】

特開平10-141001号公報

#### 【0006】

#### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、前記耐磨耗コートは溶射によってコーティングされているため、前記耐磨耗コートをコーティングする前においてはブラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等のコーティング前処理が必要であって、前記耐磨耗コートをコーティングした後においてはマスキングテープの除去処理等のコーティング後処理が必要である。そのため、前記動翼の製造に要する工程数が増えて、作業能率の向上を容易に図ることができないという問題がある。

20

#### 【0007】

また、同じ理由により、前記耐磨耗コートを前記スナバーの擦動側に十分に強固に結合させることができない。そのため、前記耐磨耗コートが前記スナバーの擦動側から剥離し易く、前記動翼の品質が安定しないという問題がある。

#### 【0008】

そこで、本発明にあっては、溶射によることなく、前記スナバーの擦動側に前記耐磨耗コートをコーティングすることを可能にした新規な動翼及び新規なスナバーのコーティング方法を提供することを第1の目的とし、更に、新規な動翼及び新規なスナバーのコーティング方法と共通の主要部を有する新規なスナバーの修理方法及び復元動翼の製造方法を提供することを第2の目的とする。

30

#### 【0009】

#### 【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明にあっては、ガスタービンエンジンのファンまたは圧縮機に用いられる動翼において、

翼と、

前記翼の基端側に一体的に形成され、流路面を有したプラットホームと、

前記翼の翼面に交差するように一体的に形成され、擦動側に耐磨耗性を有した耐磨耗コートがコーティングされ、前記翼の振動を抑制するスナバーとを具備してあって、

前記耐磨耗コートは、消耗性を有した耐磨耗コーティング用電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記スナバーの擦動側と前記耐磨耗コーティング用電極との間にパルス状の放電を発生させ、その放電エネルギーにより前記スナバーの擦動側に前記耐磨耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることによってコーティングされたことを特徴とする。

40

#### 【0010】

ここで、「コーティング用電極」とは、一般には、粉末状の金属（金属化合物を含む）と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスを圧縮成形してなる圧粉体電極（加熱処理した圧粉体電極を含む）のことをいい、その他、放電によって高硬度の材料（化合物を含む）に変化する粉末状の金属（金属化合物を含む）を圧縮成形してなる圧粉体電極（加熱処理した圧粉体電極を含む）、固体のシリコンからなる

50

シリコン電極も含まれる。なお、通電性を有するセラミックスには、適宜に表面処理が施されている。

【0011】

また、「前記耐摩耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させる」には、前記耐摩耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることの他に、放電エネルギーによって前記耐摩耗コーティング用電極の材料から生成した生成物を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることも含まれる。

【0012】

請求項1に記載の発明特定事項によると、前記耐摩耗コートは、溶射によることなく、前記スナバーの擦動側と前記耐摩耗コーティング用との間に発生させた放電の放電エネルギーにより、前記スナバーの擦動側に前記耐摩耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることによってコーティングされるため、前記動翼の製造にあっては、プラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等のコーティング前処理、マスキングテープの除去処理等のコーティング後処理がそれぞれ不要になる。

10

【0013】

また、放電エネルギーによりコーティングされた前記耐摩耗コートと前記スナバーの母材との境界は、傾斜合金特性を有してあって、前記耐摩耗コートと前記スナバーの擦動側は強固に結合することとができる。

【0014】

請求項2に記載の発明特定事項にあっては、請求項1に記載の発明特定事項の他に、前記耐摩耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスを圧縮成形してなる圧粉体電極であって、前記セラミックスは、 $cBN$ 、 $TiC$ 、 $WC$ 、 $SiC$ 、 $Cr_3C_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $ZrO_2-Y$ のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする。

20

【0015】

なお、通電性を有するセラミックスには、適宜に表面処理が施されている。

【0016】

請求項2に記載の発明特定事項によると、請求項1に記載の発明特定事項による作用と同様の作用を奏する。

【0017】

請求項3に記載の発明にあっては、請求項1に記載の発明特定事項の他に、前記耐摩耗コーティング用電極は、粉末状の金属（金属化合物を含む）と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、潤滑性を有する粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなる圧粉体電極であることを特徴とする。

30

【0018】

なお、通電性を有するセラミックスには、適宜に表面処理が施されている。

【0019】

請求項3に記載の発明特定事項によると、請求項1に記載の発明特定事項による作用の他に、前記耐摩耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなるため、前記固体潤滑材の潤滑作用によって前記耐摩耗コートの摩擦抵抗が小さくなる。

40

【0020】

請求項4に記載の発明にあっては、請求項3に記載の発明特定事項の他に、前記固体潤滑材は、 $hexBN$ 、 $MoS_2$ 、 $WS_2$ 、 $BaZrO_4$ のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする。

【0021】

請求項4に記載の発明特定事項によると、請求項3に記載の発明特定事項による作用と同様の作用を奏する。

【0022】

50



請求項5に記載の発明にあつては、ガスタービンエンジンのファンまたは圧縮機に用いられる動翼におけるスナバーの擦動面に耐磨耗性を有する耐磨耗コート进行コーティングするためのスナバーのコーティング方法において、

消耗性を有した耐磨耗コーティング用電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記スナバーの擦動側と前記耐磨耗コーティング用電極との間にパルス状の放電を発生させることにより、その放電エネルギーによって前記スナバーの擦動側に前記耐磨耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、前記耐磨耗コートをコーティングすることを特徴とする。

【0023】

ここで、前記耐磨耗コートは、溶射によることなく、前記スナバーの擦動側と前記耐磨耗コーティング用電極との間に発生させた放電の放電エネルギーにより、前記スナバーの擦動側に前記耐磨耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることによってコーティングされるため、前記耐磨耗コートのコーティングにあつては、ブラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等のコーティング前処理、マスキングテープの除去処理等のコーティング後処理がそれぞれ不要になる。

【0024】

また、放電エネルギーによりコーティングされた前記耐磨耗コートと前記スナバーの母材との境界は、傾斜合金特性を有してあつて、前記耐磨耗コートと前記スナバーの擦動側は強固に結合することができる。

【0025】

なお、「コーティング用電極」とは、一般には、粉末状の金属（金属化合物を含む）と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスを圧縮成形してなる圧粉体電極（加熱処理した圧粉体電極を含む）のことをいい、その他、放電によって高硬度の材料（化合物を含む）に変化する粉末状の金属（金属化合物を含む）を圧縮成形してなる圧粉体電極（加熱処理した圧粉体電極を含む）、固体のシリコンからなるシリコン電極も含まれる。更に、通電性を有するセラミックスには、適宜に表面処理が施されている。

【0026】

また、「前記耐磨耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させる」には、前記耐磨耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることの他に、放電エネルギーによって前記耐磨耗コーティング用電極の材料から生成した生成物を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることも含まれる。

【0027】

請求項6に記載の発明特定事項にあつては、請求項5に記載の発明特定事項の他に、前記耐磨耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスを圧縮成形してなる圧粉体電極であつて、前記セラミックスは、 $cBN$ 、 $TiC$ 、 $WC$ 、 $SiC$ 、 $Cr_3C_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $ZrO_2-Y$ のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする。

【0028】

なお、通電性を有するセラミックスには、適宜に表面処理が施されている。

【0029】

請求項7に記載の発明にあつては、請求項5に記載の発明特定事項の他に、前記耐磨耗コーティング用電極は、粉末状の金属（金属化合物を含む）と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、潤滑性を有する粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなる圧粉体電極であることを特徴とする。

【0030】

ここで、前記耐磨耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなるため、前記固体潤滑材の潤滑作用によって前記耐磨耗コートの摩擦抵抗が小さくなる。

10

20

30

40

50

## 【0031】

なお、通電性を有するセラミックスには、適宜に表面処理が施されている。

## 【0032】

請求項8に記載の発明にあつては、請求項7に記載の発明特定事項の他に、前記固体潤滑材は、ヘキサBN、 $\text{MoS}_2$ 、 $\text{WS}_2$ 、 $\text{BaZrO}_4$ のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする。

## 【0033】

請求項9に記載の発明にあつては、ガスタービンエンジンのファンまたは圧縮機に用いられる動翼におけるスナバーの擦動面の修理を行うためのスナバーの修理方法において、前記スナバーの擦動面に生じた欠陥を除去する欠陥除去工程と、  
前記欠陥除去工程が終了した後に、前記スナバーにおける前記欠陥を除去した欠陥除去部に肉盛層を形成する肉盛層形成工程と、  
前記肉盛層形成工程が終了した後に、前記肉盛層の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行う寸法仕上げ工程と、  
前記寸法仕上げ工程が終了した後に、消耗性を有した耐摩耗コーティング用電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記スナバーの擦動側と前記耐摩耗コーティング用電極との間にパルス状の放電を発生させることにより、その放電エネルギーによって前記肉盛層に前記耐摩耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、耐摩耗性を有した耐摩耗修理コートをコーティングする耐摩耗コーティング工程と、  
を具備してなることを特徴とする。

## 【0034】

ここで、前記耐摩耗修理コートは、溶射によることなく、前記肉盛層と前記耐摩耗コーティング用との間に発生させた放電の放電エネルギーにより、前記肉盛層に前記耐摩耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることによってコーティングされるため、前記スナバーの修理にあつては、ブラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等のコーティング前処理、マスキングテープの除去処理等のコーティング後処理がそれぞれ不要になる。

## 【0035】

また、放電エネルギーにより形成された前記肉盛層と前記欠陥除去部の母材との境界部分、放電エネルギーによりコーティングされた前記耐摩耗修理コートと前記肉盛層との境界部分は、それぞれ、傾斜合金特性を有してあつて、前記肉盛層と前記欠陥除去部は強固に結合し、かつ前記耐摩耗修理コートと前記肉盛層は強固に結合することができる。換言すれば、前記耐摩耗修理コートと前記欠陥除去部は前記肉盛層を介して強固に結合することができる。

## 【0036】

なお、「コーティング用電極」とは、一般には、粉末状の金属（金属化合物を含む）と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスを圧縮成形してなる圧粉体電極（加熱処理した圧粉体電極を含む）のことをいい、その他、放電によって高硬度の材料（化合物を含む）に変化する粉末状の金属（金属化合物を含む）を圧縮成形してなる圧粉体電極（加熱処理した圧粉体電極を含む）、固体のシリコンからなるシリコン電極も含まれる。更に、通電性を有するセラミックスには、適宜に表面処理が施されている。

## 【0037】

また、「前記耐摩耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させる」には、前記耐摩耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることの他に、放電エネルギーによって前記耐摩耗コーティング用電極の材料から生成した生成物を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることも含まれる。

## 【0038】

請求項10に記載の発明特定事項にあつては、請求項9に記載の発明特定事項の他に、前

記耐摩耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスを圧縮成形してなる圧粉体電極であって、前記セラミックスは、 $cBN$ 、 $TiC$ 、 $WC$ 、 $SiC$ 、 $Cr_3C_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $ZrO_2-Y$ のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする。

【0039】

なお、通電性を有するセラミックスには、適宜に表面処理が施されている。

【0040】

請求項11に記載の発明にあつては、請求項9に記載の発明特定事項の他に、前記耐摩耗コーティング用電極は、粉末状の金属（金属化合物を含む）と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、潤滑性を有する粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなる圧粉体電極であることを特徴とする。

10

【0041】

ここで、前記耐摩耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなるため、前記固体潤滑材の潤滑作用によって前記耐摩耗コートの摩擦抵抗が小さくなる。

【0042】

なお、通電性を有するセラミックスには、適宜に表面処理が施されている。

【0043】

請求項12に記載の発明にあつては、請求項11に記載の発明特定事項の他に、前記固体潤滑材は、 $hexBN$ 、 $MoS_2$ 、 $WS_2$ 、 $BaZrO_4$ のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする。

20

【0044】

請求項13に記載の発明にあつては、請求項9から請求項12に記載の発明特定事項の他に、前記肉盛層形成工程は、通電性を有する粉末状の肉盛材料を圧縮成形してなる肉盛圧粉体電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記スナバーにおける前記欠陥除去部と前記肉盛圧粉体電極との間にパルス状の放電を発生させることにより、その放電エネルギーによって前記スナバーにおける前記欠陥除去部に前記肉盛圧粉体電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、前記スナバーにおける前記欠陥除去部に前記肉盛層を形成することを特徴とする。

30

【0045】

ここで、放電の際に生じる熱量は極めて小さく、放電エネルギーは前記スナバーの前記欠陥除去部に局所的に作用するものである。

【0046】

請求項14に記載の発明にあつては、請求項9から請求項13のうちのいずれかの請求項に記載の発明特定事項の他に、前記寸法仕上げ工程は、耐消耗性を有した耐消耗電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記肉盛層と前記耐消耗電極との間にパルス状の放電を発生させることにより、その放電エネルギーによって前記肉盛層の表側を溶融除去して、前記肉盛層の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことを特徴とする。

40

【0047】

請求項15に記載の発明にあつては、ガスタービンエンジンのファンまたは圧縮機に用いられる原動翼から復元動翼を製造するための復元動翼の製造方法において、前記原動翼におけるスナバーの擦動面に生じた欠陥を除去する欠陥除去工程と、前記欠陥除去工程が終了した後に、前記スナバーにおける前記欠陥を除去した欠陥除去部に肉盛層を形成する肉盛層形成工程と、前記肉盛層形成工程が終了した後に、前記肉盛層の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行う寸法仕上げ工程と、前記寸法仕上げ工程が終了した後に、消耗性を有した耐摩耗コーティング用電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記スナバーの擦動側と前記耐摩耗コーティ

50

ング用電極との間にパルス状の放電を発生させることにより、その放電エネルギーによって前記肉盛層に前記耐磨耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、耐磨耗性を有した耐磨耗復元コート进行コーティングする耐磨耗コーティング工程と、  
を具備してなることを特徴とする。

#### 【0048】

ここで、前記耐磨耗復元コートは、溶射によることなく、前記スナバーの擦動側と前記耐磨耗コーティング用との間に発生させた放電の放電エネルギーにより、前記スナバーの擦動側に前記耐磨耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることによってコーティングされるため、前記復元動翼の製造にあつては、ブラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等のコーティング前処理、マスキングテープの除去処理等のコーティング後処理がそれぞれ不要になる。

10

#### 【0049】

また、放電エネルギーにより形成された前記肉盛層と前記欠陥除去部の母材との境界部分、放電エネルギーによりコーティングされた前記耐磨耗復元コートと前記肉盛層との境界部分は、それぞれ、傾斜合金特性を有してあつて、前記肉盛層と前記欠陥除去部は強固に結合し、かつ前記耐磨耗復元コートと前記肉盛層は強固に結合することができる。換言すれば、前記耐磨耗復元コートと前記欠陥除去部は前記肉盛層を介して強固に結合することができる。

#### 【0050】

なお、「コーティング用電極」とは、一般には、粉末状の金属（金属化合物を含む）と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスを圧縮成形してなる圧粉体電極（加熱処理した圧粉体電極を含む）のことをいい、その他、放電によって高硬度の材料（化合物を含む）に変化する粉末状の金属（金属化合物を含む）を圧縮成形してなる圧粉体電極（加熱処理した圧粉体電極を含む）、固体のシリコンからなるシリコン電極も含まれる。更に、通電性を有するセラミックスには、適宜に表面処理が施されている。

20

#### 【0051】

また、「前記耐磨耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させる」には、前記耐磨耗コーティング用電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることの他に、放電エネルギーによって前記耐磨耗コーティング用電極の材料から生成した生成物を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることも含まれる。

30

#### 【0052】

請求項16に記載の発明特定事項にあつては、請求項15に記載の発明特定事項の他に、前記耐磨耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスを圧縮成形してなる圧粉体電極であつて、前記セラミックスは、cBN、TiC、WC、SiC、Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZrO<sub>2</sub>-Yのいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする。

#### 【0053】

なお、通電性を有するセラミックスには、適宜に表面処理が施されている。

40

#### 【0054】

請求項17に記載の発明にあつては、請求項15に記載の発明特定事項の他に、前記耐磨耗コーティング用電極は、粉末状の金属（金属化合物を含む）と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、潤滑性を有する粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなる圧粉体電極であることを特徴とする。

#### 【0055】

ここで、前記耐磨耗コーティング用電極は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなるため、前記固体潤滑材の潤滑作用によって前記耐磨耗コートの摩擦抵抗が小さくなる。

50

## 【0056】

なお、通電性を有するセラミックスには、適宜に表面処理が施されている。

## 【0057】

請求項18に記載の発明にあっては、請求項17に記載の発明特定事項の他に、前記固体潤滑材は、ヘキサBN、MoS<sub>2</sub>、WS<sub>2</sub>、BaZrO<sub>4</sub>のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料であることを特徴とする。

## 【0058】

請求項19に記載の発明にあっては、請求項15から請求項18のうちのいずれかの請求項に記載の発明特定事項の他に、前記肉盛層形成工程は、通電性を有する粉末状の肉盛材料を圧縮成形してなる肉盛圧粉体電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記スナバーにおける前記欠陥除去部と前記肉盛圧粉体電極との間にパルス状の放電を発生させることにより、その放電エネルギーによって前記スナバーにおける前記欠陥除去部に前記肉盛圧粉体電極の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、前記スナバーにおける前記欠陥除去部に前記肉盛層を形成することを特徴とする。

10

## 【0059】

ここで、放電の際に生じる熱量は極めて小さく、放電エネルギーは前記スナバーの前記欠陥除去部に局所的に作用するものである。

## 【0060】

請求項20に記載の発明にあっては、請求項15から請求項19のうちのいずれかの請求項に記載の発明特定事項の他に、前記寸法仕上げ工程は、耐消耗性を有した耐消耗電極を用いて、電気絶縁性のある液中または気中において前記肉盛層と前記耐消耗電極との間にパルス状の放電を発生させることにより、その放電エネルギーによって前記肉盛層の表側を熔融除去して、前記肉盛層の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことを特徴とする。

20

## 【0061】

## 【発明の実施の形態】

第1の本発明の実施の形態に係わる動翼、発明の実施の形態に係わる放電加工機、第1の発明の実施の形態に係わるコーティング方法について、図1から図4を参照して説明する。

## 【0062】

図1は、第1の発明の実施の形態に係わる動翼が航空エンジンのファンまたは圧縮機に備えられた状態を示す斜視図であって、図2は、図1において上からみた図であって、図3は、第1の発明の実施の形態の作用を説明する模式的な説明図であって、図4は、本発明の実施の形態に係わる放電加工機の模式的な正面図である。

30

## 【0063】

図1及び図2に示すように、第1の発明の実施の形態に係わる動翼1は、航空エンジンのファンまたは圧縮機に用いられるものであって、翼3を動翼本体としている。また、翼3の基端側（ハブ側）には、プラットホーム5が一体的に形成されており、このプラットホーム5は流路面5sを有している。更に、プラットホーム5には、ダブテール7が一体的に形成されており、このダブテール7は前記ファンまたは前記圧縮機におけるロータディスク9のダブテール溝11に嵌合可能である。

40

## 【0064】

また、翼3の翼面3fには、翼3の振動を抑制するスナバー13が交差するように一体的に形成されており、このスナバー13の擦動側（一对の擦動側）には、耐磨耗コート15がコーティングされている。特に、耐磨耗コート15は、消耗性を有した圧粉体電極17（図3（b）（c）参照）を用いて、電気絶縁性のある加工液L（図3参照）においてスナバー13の擦動側と圧粉体電極17との間にパルス状の発生させた放電エネルギーより、スナバー13の擦動側に圧粉体電極17の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることによってコーティングされるものである。

## 【0065】

50

ここで、圧粉体電極 17 は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、潤滑性を有する粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなる圧粉体電極であって、消耗性を有した耐摩耗コーティング用電極の 1 つである。特に、前記セラミックスは、 $cBN$ 、 $TiC$ 、 $WC$ 、 $SiC$ 、 $Cr_3C_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $ZrO_2-Y$  の 1 種または複数種からなって、前記固体潤滑材は、ヘキサ BN、 $MoS_2$ 、 $WS_2$ 、 $BaZrO_4$  のいずれか一種の材料または二種以上を含む混合材料である。なお、通電性を有するセラミックスには、適宜に表面処理が施されている。

#### 【0066】

また、「圧粉体電極 17 の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させる」には、圧粉体電極 17 の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることの他に、放電エネルギーによって圧粉体電極 17 の材料から生成した生成物を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることも含まれる。更に、圧粉体電極 17 は、スナバー 13 の擦動側の形状に近似した形状を呈している。

#### 【0067】

なお、圧粉体電極 17 の代わりに、放電によって高硬度の材料（化合物を含む）に変化する粉末状の金属（金属化合物を含む）を圧縮成形してなる圧粉体電極（加熱処理した圧粉体電極を含む）、固体のシリコンからなるシリコン電極を耐摩耗コーティング用電極として用いてもよい。

#### 【0068】

次に、図 4 に示すように、本発明の実施の形態に係わる放電加工機 19 はベッド 21 を加工機ベースとしており、このベッド 21 には、テーブル 23 が設けられてあって、このテーブル 23 は X 軸サーボモータ（図示省略）の駆動によって X 軸方向（図 3 において左右方向）へ移動可能かつ Y 軸サーボモータ（図示省略）の駆動によって Y 軸方向（図 3 において紙面に向かって表裏方向）へ移動可能である。

#### 【0069】

テーブル 23 には、加工油等の加工液 L を貯留する加工槽 25 が設けられており、この加工槽 25 内には、支持プレート 27 が設けられている。この支持プレート 27 には、動翼 1 のダブテール 7 をクランプする動翼クランプ 29 が立設されている。

#### 【0070】

ベッド 21 の上方（図 3 において上方）には、加工ヘッド 31 がコラム（図示省略）を介して設けられており、この加工ヘッド 31 は Z 軸サーボモータ（図示省略）の駆動によって Z 軸方向（図 3 において上下方向）へ移動可能である。加工ヘッド 31 には、前述の圧粉体電極 17 または肉盛圧粉体電極 33（後述参照）を交換可能に保持する第 1 電極保持部材 35 が設けられており、加工ヘッド 31 における第 1 電極保持部材 35 の近傍には、グラファイト電極 37（後述参照）を保持する第 2 電極保持部材 39 が設けられている。また、第 1 電極保持部材 35、第 2 電極保持部材 39、及び動翼クランプ 29 は共通の電源 41 に電氣的に接続されている。なお、第 1 電極保持部材 35 と第 2 電極保持部材 39 が個別の電源に電氣的に接続されるようにしても差し支えない。

#### 【0071】

う。

#### 【0072】

図 3 及び図 4 に示すように、第 1 の発明の実施の形態に係わるコーティング方法は、動翼 1 におけるスナバー 13 の擦動側に耐摩耗性を有する耐摩耗コート 15 をコーティングするための方法であって、具体的には、次のようになる。

#### 【0073】

即ち、スナバー 13 の一方の擦動側が上方向（図 3 及び図 4 において上方向）を向いた状態の下で、動翼クランプ 29 によって動翼 1 のダブテール 7 をクランプすることにより、動翼 1 を加工槽 25 内の所定位置にセットする（図 3（a）及び図 4 参照）。次に、前記 X 軸サーボモータ、前記 Y 軸サーボモータの駆動によってテーブル 23 を X 軸方向、Y 軸方向（少なくともいずれかの方向）へ移動させることにより、スナバー 13 の一方の擦動

10

20

30

40

50

側が圧粉体電極 17 に上下に対向するように動翼 1 の位置決めを行う。

【0074】

そして、前記 Z 軸サーボモータの駆動によって圧粉体電極 17 を加工ヘッド 31 と一体的に Z 軸方向へ移動させつつ、スナバー 13 の一方の擦動側と圧粉体電極 17 との間にパルス状の放電を発生させる。これにより、図 3 (b) に示すように、放電エネルギーによってスナバー 13 の一方の擦動側に圧粉体電極 17 の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、耐摩耗コート 15 をコーティングすることができる。

【0075】

更に、動翼クランプ 29 を一旦アンクランプして、スナバー 13 の他方の擦動側が上方向を向いた状態の下で、動翼クランプ 29 によって動翼 1 のダブテール 7 を再クランプする。そして、前述のように、動翼 1 の位置決めを行い、スナバー 13 の他方の擦動側と圧粉体電極 17 との間にパルス状の放電を発生させる。これによって、図 3 (c) に示すように、放電エネルギーによってスナバー 13 の他方の擦動側に圧粉体電極 17 の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、耐摩耗コート 15 をコーティングすることができる。

10

【0076】

次に、本発明の実施の形態の作用について説明する。

【0077】

まず、耐摩耗コート 15 は、溶射によることなく、スナバー 13 の擦動側と圧粉体電極 17 との間に発生させた放電の放電エネルギーにより、スナバー 13 の擦動側に圧粉体電極 17 の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることによってコーティングされるため、動翼 1 の製造（耐摩耗コート 15 のコーティング）にあつては、プラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等のコーティング前処理、マスキングテープの除去処理等のコーティング後処理がそれぞれ不要になる。

20

【0078】

また、放電エネルギーによりコーティングされた耐摩耗コート 15 とスナバー 13 の母材との境界部分は、傾斜合金特性を有してあつて、耐摩耗コート 15 とスナバー 13 の擦動側は強固に結合することができる。

【0079】

更に、圧粉体電極 17 は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、潤滑性を有する粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなるため、固体潤滑材の潤滑作用によって耐摩耗コート 15 の摩擦抵抗が小さくなる。

30

【0080】

以上の如き、第 1 の発明の実施の形態によれば、動翼 1 の製造（耐摩耗コート 15 のコーティング）にあつては、プラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等のコーティング前処理、マスキングテープの除去処理等のコーティング後処理がそれぞれ不要になるため、動翼 1 の製造（耐摩耗コート 15 のコーティング）に要する工程数を削減して、作業能率の向上を容易に図ることができる。

【0081】

また、耐摩耗コート 15 とスナバー 13 の擦動側は強固に結合するため、耐摩耗コート 15 がスナバー 13 の擦動側から剥離し難くなって、動翼 1 の品質が安定する。

40

【0082】

更に、固体潤滑材の潤滑作用によって耐摩耗コート 15 の摩擦抵抗が小さくなるため、耐摩耗コート 15 の耐摩耗性を高めて、動翼 1 の品質の向上を図ることができる。

【0083】

第 2 の本発明の実施の形態に係わるスナバーの修理方法の対象となる動翼、第 2 の発明の実施の形態に係わるスナバーの修理方法、第 2 の発明の実施の形態に係わる復元動翼の製造方法について、図 4 から図 7 を参照して説明する。

【0084】

50



図4は、前述のように、本発明の実施の形態に係わる放電加工機の模式的な正面図であって、図5は、第2の発明の実施の形態に係わるスナバーの修理方法の対象となる動翼の斜視図であって、図6及び図7は、第2の発明の実施の形態に係わるスナバーの修理方法を説明する模式的な説明図である。

【0085】

図5に示すように、第2の発明の実施の形態に係わるスナバーの修理方法の対象である動翼43は、第1の発明の実施の形態に係わる動翼1（図1参照）と同様に、翼3と、プラットフォーム5と、ダブテール7とを備えている。ここで、動翼43におけるスナバー13の擦動面13fが修理対象になっている。

【0086】

そして、図4、図6及び図7に示すように、本発明の実施の形態に係わるスナバーの修理方法は、前記航空エンジンの前記ファンまたは前記圧縮機に用いられる動翼43におけるスナバー13の擦動面13fの修理を行うための方法であって、本発明の実施の形態に係わるスナバーの修理方法は、圧粉体電極17の他に、通電性を有する粉末状の肉盛材料を圧縮成形してなる肉盛圧粉体電極33、グラファイト電極37を用いている。ここで、肉盛材料は、Ti、Co、Cr、Ni、W、Moのうちのいずれか一種の材料または二種以上の混合材料のことをいう。また、グラファイト電極37は、耐消耗性を有した耐消耗電極の一つであって、グラファイト電極37の代わりに、銅電極（別の耐消耗電極）を用いてもよい。なお、圧粉体電極17、肉盛圧粉体電極33、及びグラファイト電極37は、スナバー13の擦動面13fの形状に近似した形状をそれぞれ呈している。

【0087】

また、本発明の実施の形態に係わるスナバーの修理方法は、以下のような▲1▼欠陥除去工程、▲2▼肉盛層形成工程、▲3▼寸法仕上げ工程、▲4▼耐摩耗コーティング工程、▲5▼繰り返し工程を具備している。

【0088】

▲1▼ 欠陥除去工程

スナバー13の一方の擦動面13fが上方向（図4、図6及び図7において上方向）を向いた状態の下で、動翼クランプ29によって動翼43のダブテール7をクランプすることにより、動翼43を加工槽25内の所定位置にセットする。次に、前記X軸サーボモータ、前記Y軸サーボモータの駆動によってテーブル23をX軸方向、Y軸方向（少なくともいずれかの方向）へ移動させることにより、スナバー13の一方の擦動面13fがグラファイト電極37に上下に対向するように動翼43の位置決めを行う。そして、前記Z軸サーボモータの駆動によってグラファイト電極37を加工ヘッド31と一体的にZ軸方向へ移動させつつ、電気絶縁性のある加工液L中においてスナバー13の一方の擦動面13fとグラファイト電極37との間にパルス状の放電を発生させる。これにより、図6（b）に示すように、放電エネルギーによってスナバー13の一方の擦動面13fに生じた欠陥（磨耗、クラック等、）を除去することができる。なお、図6（a）は、修理を行う前の動翼43を示している。

【0089】

▲2▼ 肉盛層形成工程

前記▲1▼欠陥除去工程が終了した後に、前記X軸サーボモータ、前記Y軸サーボモータの駆動によってテーブル23をX軸方向、Y軸方向（少なくともX軸方向）へ移動させることにより、スナバー13の一方の擦動面13fにおける欠陥を除去した欠陥除去部13sが肉盛圧粉体電極33に上下に対向するように動翼43の位置決めを行う。そして、前記Z軸サーボモータの駆動によって肉盛圧粉体電極33を加工ヘッド31と一体的にZ軸方向へ移動させつつ、電気絶縁性のある加工液L中においてスナバー13の欠陥除去部13sと肉盛圧粉体電極33との間にパルス状の放電を発生させる。これにより、図6（c）に示すように、放電エネルギーによってスナバー13の欠陥除去部13sに肉盛圧粉体電極33の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、ポーラス状の肉盛層45を形成することができる。

10

20

30

40

50



## 【0090】

ここで、放電の際に生じる熱量は極めて小さく、放電エネルギーはスナバー13の欠陥除去部13sに局所的に作用するものである。

## 【0091】

また、放電エネルギーによって形成された肉盛層45と欠陥除去部13sの母材との境界部分は、傾斜合金特性を有してあって、肉盛層45と欠陥除去部13sは強固に結合することができる。

## 【0092】

なお、「肉盛圧粉体電極33の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて」とは、肉盛圧粉体電極33の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることの他に、放電エネルギーによって肉盛圧粉体電極33の材料から生成した生成物を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることも含むものである。

## 【0093】

## ▲3▼ 寸法仕上げ工程

前記▲2▼肉盛層形成工程が終了した後に、前記X軸サーボモータ、前記Y軸サーボモータの駆動によってテーブル23をX軸方向、Y軸方向（少なくともX軸方向）へ移動させることにより、肉盛層45がグラファイト電極37に上下に対向するように動翼43の位置決めを行う。そして、前記Z軸サーボモータの駆動によってグラファイト電極37を加工ヘッド31と一体的にZ軸方向へ移動させつつ、電気絶縁性のある加工液L中において肉盛層45とグラファイト電極37との間にパルス状の放電を発生させる。これにより、図7(a)に示すように、放電エネルギーによって肉盛層45の表側を溶融除去して高密度に形成しつつ、肉盛層45の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことができる。

## 【0094】

## ▲4▼ 耐摩耗コーティング工程

前記▲3▼寸法仕上げ工程が終了した後に、第1電極保持部材35から肉盛圧粉体電極33を取り外して、第1電極保持部材35により圧粉体電極17を保持する。次に、前記X軸サーボモータ、前記Y軸サーボモータの駆動によってテーブル23をX軸方向、Y軸方向（少なくともX軸方向）へ移動させることにより、肉盛層45が圧粉体電極17に上下に対向するように動翼43の位置決めを行う。そして、前記Z軸サーボモータの駆動によって圧粉体電極17と一体的にZ軸方向へ移動させつつ、電気絶縁性のある加工液L中において肉盛層45と圧粉体電極17との間にパルス状の放電を発生させる。これにより、図7(b)に示すように、放電エネルギーによって肉盛層45に圧粉体電極17の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、耐摩耗性を有するポーラス状の耐摩耗修理コート47をコーティングすることができ、スナバー13の一方の擦動面13fの修理が終了する。

## 【0095】

ここで、耐摩耗修理コート47は、溶射によることなく、肉盛層45と圧粉体電極17との間に発生させた放電の放電エネルギーにより、肉盛層45に圧粉体電極17の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることによってコーティングされるため、スナバー13の修理にあっては、ブラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等のコーティング前処理、マスキングテープの除去処理等のコーティング後処理がそれぞれ不要になる。

## 【0096】

また、放電エネルギーによって形成され耐摩耗修理コート47と肉盛層45との境界部分は、傾斜合金特性を有してあって、耐摩耗修理コート47と肉盛層45は強固に結合することができる。換言すれば、耐摩耗修理コート47と欠陥除去部13sは肉盛層45を介して強固に結合することができる。

## 【0097】

更に、圧粉体電極17は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電

10

20

30

40

50

性を有する粉末状のセラミックスの他に、潤滑性を有する粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなるため、固体潤滑材の潤滑作用によって耐磨耗修理コート47の摩擦抵抗が小さくなる。

#### 【0098】

なお、「圧粉体電極17の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させる」には、圧粉体電極17の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることの他に、放電エネルギーによって圧粉体電極17の材料から生成した生成物を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることも含まれる。

#### 【0099】

##### ▲5▼ 繰り返し工程

前記▲4▼耐磨耗コーティング工程が終了した後に、動翼クランプ29を一旦アンクランプして、スナバー13の他方の擦動面13fが上方向を向いた状態の下で、動翼クランプ29によって動翼1のダブテール7を再クランプする。そして、前記▲1▼欠陥除去工程から前記▲4▼耐磨耗コーティング工程まで、前述と同様に繰り返すことにより、図7(c)に示すように、スナバー13の他方の擦動面13fの修理を行う。

#### 【0100】

更に、第2の本発明の実施の形態に係わるスナバーの修理方法に併せて、第2の発明の実施の形態に係わる復元動翼の製造方法について簡単に説明する。

#### 【0101】

図6及び図7に示すように、第2の発明の実施の形態に係わる復元動翼の製造方法は、原動翼49(図6(a)参照)から復元動翼51(図7(c)参照)を製造するための方法であって、第2の発明の実施の形態に係わるスナバーの修理方法と同様、以下のようなi欠陥除去工程、ii肉盛層形成工程、iii寸法仕上げ工程、iv耐磨耗コーティング工程、v繰り返し工程を具備している。

#### 【0102】

##### i 欠陥除去工程

スナバー13の一方の擦動面13fが上方向(図4、図6及び図7において上方向)を向いた状態の下で、動翼クランプ29によって原動翼49のダブテール7をクランプすることにより、動翼49を加工槽25内の所定位置にセットする。次に、スナバー13の一方の擦動面13fがグラファイト電極37に上下に対向するように原動翼49の位置決めを行う。そして、電気絶縁性のある加工液L中においてスナバー13の一方の擦動面13fとグラファイト電極37との間にパルス状の放電を発生させる。これにより、図6(b)に示すように、放電エネルギーによってスナバー13の一方の擦動面13fに生じた欠陥(磨耗、クラック等、)を除去することができる。

#### 【0103】

##### ii 肉盛層形成工程

前記i欠陥除去工程が終了した後に、スナバー13の一方の擦動面13fにおける欠陥を除去した欠陥除去部13sが肉盛圧粉体電極33に上下に対向するように原動翼49の位置決めを行う。そして、前記Z軸サーボモータの駆動によって肉盛圧粉体電極33を加工ヘッド31と一体的にZ軸方向へ移動させつつ、電気絶縁性のある加工液L中においてスナバー13の欠陥除去部13sと肉盛圧粉体電極33との間にパルス状の放電を発生させる。これにより、図6(c)に示すように、放電エネルギーによってスナバー13の欠陥除去部13sに肉盛圧粉体電極33の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、ポーラス状の肉盛層53を形成することができる。

#### 【0104】

ここで、放電の際に生じる熱量は極めて小さく、放電エネルギーはスナバー13の欠陥除去部13sに局所的に作用するものである。

#### 【0105】

また、放電エネルギーによって形成された肉盛層53と欠陥除去部13sの母材との境界部分は、傾斜合金特性を有してあって、肉盛層53と欠陥除去部13sは強固に結合する

10

20

30

40

50

ことができる。

#### 【0106】

##### i i i 寸法仕上げ工程

前記 i i 肉盛層形成工程が終了した後に、肉盛層 5 3 がグラファイト電極 3 7 に上下に対向するように動翼 4 9 の位置決めを行う。そして、電気絶縁性のある加工液 L 中において肉盛層 5 3 とグラファイト電極 3 7 との間にパルス状の放電を発生させる。これにより、図 7 (a) に示すように、放電エネルギーによって肉盛層 5 3 の表側を熔融除去して高密度に形成しつつ、肉盛層 5 3 の厚さが所定の厚さになるように寸法仕上げを行うことができる。

#### 【0107】

##### i v 耐摩耗コーティング工程

前記 i i i 寸法仕上げ工程が終了した後に、第 1 電極保持部材 3 5 から肉盛層 5 3 を取り外して、第 1 電極保持部材 3 5 により圧粉体電極 1 7 を保持する。次に、肉盛層 5 3 が圧粉体電極 1 7 に上下に対向するように動翼 4 9 の位置決めを行う。そして、電気絶縁性のある加工液 L 中において肉盛層 5 3 と圧粉体電極 1 7 との間にパルス状の放電を発生させる。これにより、図 7 (b) に示すように、放電エネルギーによって肉盛層 5 3 に圧粉体電極 1 7 の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させて、耐摩耗性を有するポーラス状の耐摩耗復元コート 5 5 をコーティングすることができる。

#### 【0108】

ここで、耐摩耗復元コート 5 5 は、溶射によることなく、肉盛層 5 3 と圧粉体電極 1 7 との間に発生させた放電の放電エネルギーにより、肉盛層 5 3 に圧粉体電極 1 7 の材料を拡散及び／または溶着及び／または堆積させることによってコーティングされるため、復元動翼 5 1 の製造にあつては、ブラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等のコーティング前処理、マスキングテープの除去処理等のコーティング後処理がそれぞれ不要になる。

#### 【0109】

また、放電エネルギーによって形成され耐摩耗復元コート 5 5 と肉盛層 5 3 との境界部分は、傾斜合金特性を有してあつて、耐摩耗復元コート 5 5 と肉盛層 5 3 は強固に結合することができる。換言すれば、耐摩耗復元コート 5 5 と欠陥除去部 1 3 s は肉盛層 5 3 を介して強固に結合することができる。

#### 【0110】

更に、圧粉体電極 1 7 は、粉末状の金属と粉末状のセラミックスとの混合材、または通電性を有する粉末状のセラミックスの他に、潤滑性を有する粉末状の固体潤滑材を混合して圧縮成形してなるため、固体潤滑材の潤滑作用によって耐摩耗復元コート 5 5 の摩擦抵抗が小さくなる。

#### 【0111】

##### v 繰り返し工程

前記 i v 耐摩耗コーティング工程が終了した後に、動翼クランプ 2 9 を一旦アンクランプして、スナバー 1 3 の他方の擦動面 1 3 f が上方向を向いた状態の下で、動翼クランプ 2 9 によって原動翼 4 9 のダブテール 7 を再クランプする。そして、前記 i 欠陥除去工程から前記 i v 耐摩耗コーティング工程まで、前述と同様に繰り返すことにより、図 7 (c) に示すように、復元動翼 5 1 の製造を行うことができる。

#### 【0112】

以上の如き、第 2 の発明の実施の形態によれば、スナバー 1 3 の修理（復元動翼 5 1 の製造）にあつては、ブラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等のコーティング前処理、マスキングテープの除去処理等のコーティング後処理がそれぞれ不要になるため、スナバー 1 3 の修理に要する工程数（復元動翼 5 1 の製造に要する工程数）を削減して、作業能率の向上を容易に図ることができる。

#### 【0113】

また、耐摩耗修理コート 4 7 と欠陥除去部 1 3 は肉盛層 4 5 を介して強固に結合するため

10

20

30

40

50

、耐摩耗修理コート４７（耐摩耗復元コート５５）が欠陥除去部１３）から剥離し難く  
な、って、修理後の動翼４３（復元動翼５１）の品質が安定する。

【０１１４】

更に、前記固体潤滑材の潤滑作用によって耐摩耗修理コート４７（耐摩耗復元コート５５）の摩擦抵抗が小さくなるため、耐摩耗修理コート４７（耐摩耗復元コート５５）の耐摩耗性を高めて、修理後の動翼４３（復元動翼５１）の品質の向上を図ることができる。

【０１１５】

更に、放電の際に生じる熱量は極めて小さく、放電エネルギーはスナバー１３の欠陥除去部１３sに局所的に作用するため、肉盛層４５（５３）を形成後における急激な温度低下によってスナバー１３の擦動面１３f付近（擦動面１３fを含む）に熱収縮割れが生じることがほとんどなくなって、スナバー１３の修理不良（復元動翼５１の製造不良）を抑制できる。

【０１１６】

なお、本発明は、前述の発明の実施の形態の説明に限るものではなく、例えば電気絶縁性のある加工液Ｌ中において放電させる代わりに、電気絶縁性のある気中で放電させる等、適宜の変更を行うことにより、その他種々の態様で実施可能である。

【０１１７】

【発明の効果】

請求項１から請求項８のうちのいずれかの請求項に記載の発明によれば、前記動翼の製造（前記耐摩耗コートのコーティング）にあつては、ブラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等のコーティング前処理、マスキングテープの除去処理等のコーティング後処理がそれぞれ不要になるため、前記動翼の製造に要する工程数を削減して、作業能率の向上を容易に図ることができる。

【０１１８】

また、前記耐摩耗コートと前記スナバーの擦動側は強固に結合することができるため、前記耐摩耗コートが前記スナバーの擦動面から剥離し難くなって、前記動翼の品質が安定する。

【０１１９】

請求項３、請求項４、請求項７、または請求項８に記載の発明によれば、前述の効果を奏する他に、前記固体潤滑材の潤滑作用によって前記耐摩耗コートの摩擦抵抗が小さくなるため、前記耐摩耗コートの耐摩耗性を高めて、前記動翼の品質の向上を図ることができる。

【０１２０】

請求項９から請求項１４のうちのいずれかの請求項に記載の発明によれば、前記スナバーの修理にあつては、ブラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等のコーティング前処理、マスキングテープの除去処理等のコーティング後処理がそれぞれ不要になるため、前記スナバーの修理に要する工程数を削減して、作業能率の向上を容易に図ることができる。

【０１２１】

また、前記耐摩耗修理コートと前記欠陥除去部は前記肉盛層を介して強固に結合することができるため、前記耐摩耗修理コートが前記欠陥除去部から剥離し難くなって、修理後の前記動翼の品質が安定する。

【０１２２】

請求項１１から請求項１４のうちのいずれかの請求項に記載の発明によれば、前述の効果を奏する他に、前記固体潤滑材の潤滑作用によって前記耐摩耗修理コートの摩擦抵抗が小さくなるため、前記耐摩耗修理コートの耐摩耗性を高めて、修理後の前記動翼の品質の向上を図ることができる。

【０１２３】

請求項１３または請求項１４に記載の発明によれば、前述の効果を奏する他に、放電の際に生じる熱量は極めて小さく、放電エネルギーは前記スナバーの前記欠陥除去部に局所的

10

20

30

40

50

に作用するため、前記肉盛層を形成後における急激な温度低下によって前記スナバーの擦動面付近（擦動面を含む）に熱収縮割れが生じることがほとんどなくなって、前記スナバーの修理不良を抑制できる。

#### 【0124】

請求項15から請求項20のうちのいずれかの請求項に記載の発明によれば、前記復元動翼の製造にあつては、ブラスト処理、マスキングテープの貼り付け処理等のコーティング前処理、マスキングテープの除去処理等のコーティング後処理がそれぞれ不要になるため、前記復元動翼の製造に要する工程数を削減して、作業能率の向上を容易に図ることができる。

#### 【0125】

また、前記耐摩耗復元コートと前記欠陥除去部は前記肉盛層を介して強固に結合することができるため、前記耐摩耗復元コートが前記欠陥除去部から剥離し難くなって、前記復元動翼の品質が安定する。

#### 【0126】

請求項17から請求項20のうちのいずれかの請求項に記載の発明によれば、前述の効果を奏する他に、前記固体潤滑材の潤滑作用によって前記耐摩耗復元コートの摩擦抵抗が小さくなるため、前記耐摩耗復元コートの耐摩耗性を高めて、前記復元動翼の品質の向上を図ることができる。

#### 【0127】

請求項19または請求項20に記載の発明によれば、前述の効果を奏する他に、放電の際に生じる熱量は極めて小さく、放電エネルギーは前記スナバーの前記欠陥除去部に局所的に作用するため、前記肉盛層を形成後における急激な温度低下によって前記スナバーの擦動面付近（擦動面を含む）に熱収縮割れが生じることがほとんどなくなって、前記復元動翼の製造不良を抑制できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係わる動翼が航空エンジンのファンまたは圧縮機に備えられた状態を示す斜視図である。

【図2】図1において上からみた図である。

【図3】第1の発明の実施の形態の作用を説明する模式的な説明図である。

【図4】本発明の実施の形態に係わる放電加工機の模式的な正面図である。

【図5】第2の発明の実施の形態に係わるスナバーの修理方法の対象となる動翼の斜視図である。

【図6】第2の発明の実施の形態に係わるスナバーの修理方法及び復元動翼の製造方法を説明する模式的な説明図である。

【図7】第2の発明の実施の形態に係わるスナバーの修理方法及び復元動翼の製造方法を説明する模式的な説明図である。

#### 【符号の説明】

- 1 動翼
- 3 翼
- 5 プラットホーム
- 7 ダブテール
- 9 ロータディスク
- 11 ダブテール溝
- 13 スナバー
- 15 耐摩耗コート
- 17 圧粉体電極
- 19 放電加工機
- 33 肉盛圧粉体電極
- 37 グラファイト電極
- 43 動翼

10

20

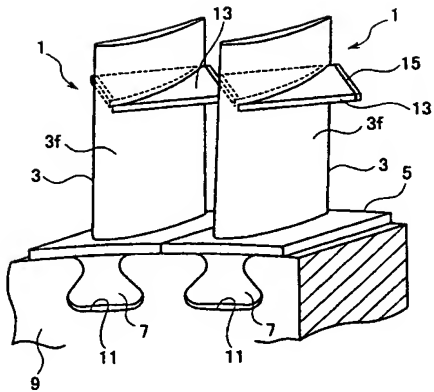
30

40

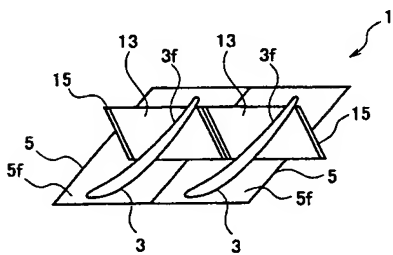
50

- 4 5 肉盛層
- 4 7 耐摩耗修理コート
- 4 9 原動翼
- 5 1 復元動翼
- 5 3 肉盛層
- 5 5 耐摩耗復元コート

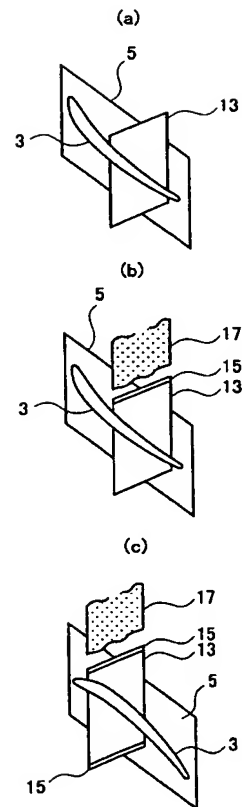
【図 1】



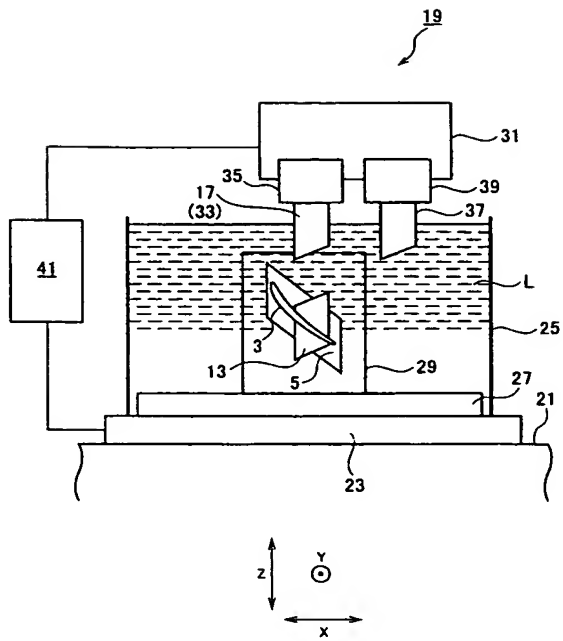
【図 2】



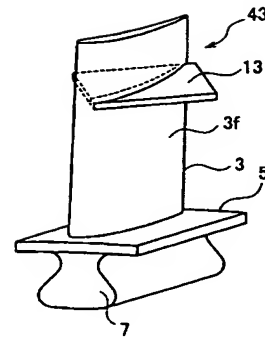
【図 3】



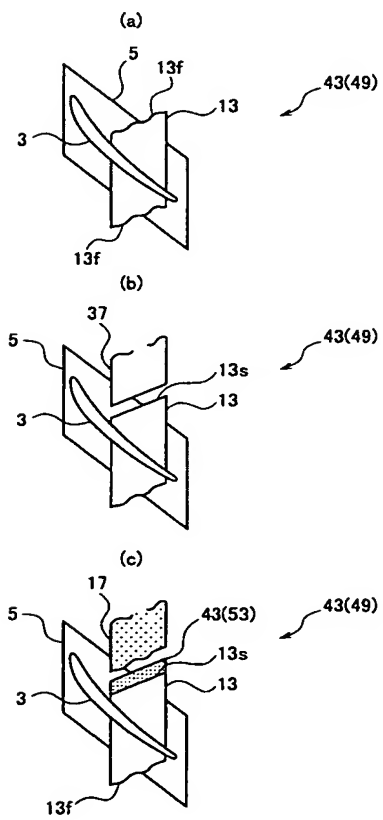
【 図 4 】



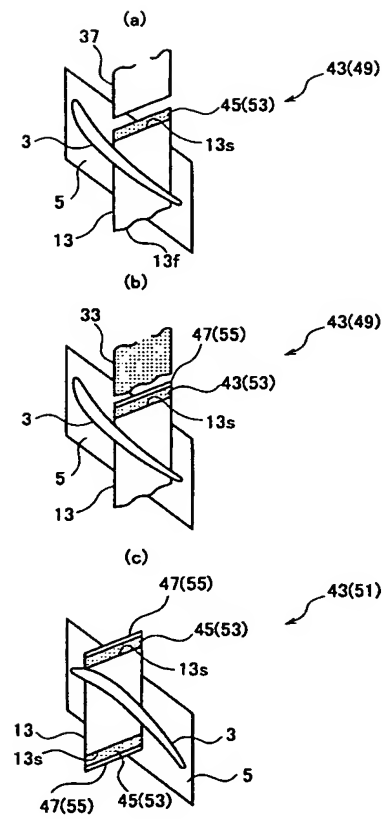
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



## フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

F 0 4 D	29/38	G
C 2 2 C	1/05	D
C 2 2 C	1/05	E

(74) 代理人 100095500

弁理士 伊藤 正和

(74) 代理人 100101247

弁理士 高橋 俊一

(74) 代理人 100098327

弁理士 高松 俊雄

(72) 発明者 落合 宏行

東京都西東京市向台町3丁目5番1号 石川島播磨重工業株式会社田無工場内

(72) 発明者 渡辺 光敏

東京都西東京市向台町3丁目5番1号 石川島播磨重工業株式会社田無工場内

(72) 発明者 後藤 昭弘

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 秋吉 雅夫

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

F ターム (参考) 3G002 EA05 EA06 EA08 EA09

3H033 AA02 AA16 BB03 BB08 CC02 DD02 DD06 DD25 EE00 EE11

4K018 AA06 AA07 AA10 AA19 AA21 AA40 AB01 AB02 AB03 AB05

AC01 CA01 CA07 KA12

4K044 AA02 AB10 BA12 BA18 BC11 CA11 CA24 CA35